

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①⑪ N° de publication : 2 620 696

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : 87 13070

⑤① Int Cl<sup>4</sup> : C 03 B 37/018; G 02 B 6/18.

①⑫ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 22 septembre 1987.

③⑩ Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 12 du 24 mars 1989.

⑥⑩ Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦① Demandeur(s) : COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRI-  
CITE, Société anonyme. — FR.

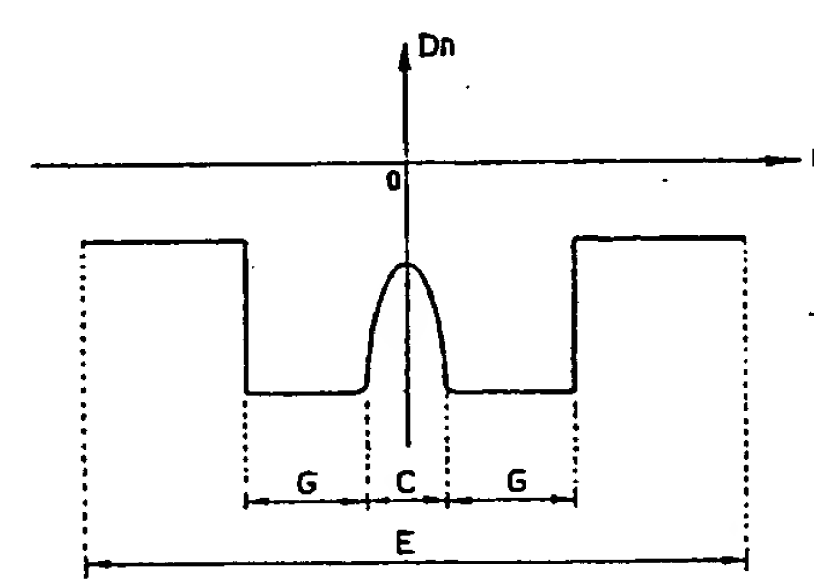
⑦② Inventeur(s) : Jacques Goudeau, Laboratoires de Mar-  
coussis D.P.M.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : Paul Bourelly, Sospi.

⑤④ Procédé de fabrication de fibre optique à cœur de silice entouré de silice fluorée.

⑤⑦ Une fibre optique E comporte une gaine optique G consti-  
tuée de silice dopée au fluor pour abaisser son indice de  
réfraction, et un cœur C très appauvri en fluor. Son appauvris-  
sement a été obtenu pendant l'opération de rétreint qui donne  
naissance à la préforme dont la fibre a été tirée par fibrage. La  
couche interne fluorée du tube en cours de retreint a été  
appauvrie par diffusion thermique radiale du fluor dans la silice  
vers l'espace interne à ce tube et par balayage du fluor ainsi  
apporté dans cet espace par de l'oxygène y circulant.  
L'invention s'applique aux télécommunications.



FR 2 620 696 - A1

Procédé de fabrication de fibre optique à coeur de silice entouré de silice fluorée.

La présente invention s'applique à la fabrication de fibres optiques dont le coeur est constitué de silice non ou peu dopée et est entouré d'une gaine de silice fluorée, la différence d'indice de réfraction entre le coeur et la gaine résultant principalement de la présence du fluor dans la gaine. De telles fibres sont notamment celles dites "à profil d'indice enterré". Le mot "profil" désigne ici la loi de variation de l'indice de réfraction en fonction de la distance  $r$  à l'axe de la fibre (voir figure 1). Le profil de ces fibres est dit enterré parce que la valeur moyenne de l'indice est nettement inférieure à celle de la silice non dopée qui constitue habituellement l'extérieur de la fibre.

Dans d'autres fibres la gaine ainsi dopée peut s'étendre jusqu'à la surface extérieure de la silice.

De telles fibres présentent l'avantage que le dopage faible ou nul de leur coeur évite que des éléments de dopage diffusent de manière appréciable la lumière qui se propage dans ce coeur. Il en résulte que ces fibres atténuent très peu la lumière, généralement infrarouge, qu'elles guident.

Pour fabriquer de telles fibres, on connaît un procédé utilisant un tube de départ constitué de silice, cette silice étant, au moins sur une certaine épaisseur qui s'étend sensiblement à partir de la surface interne du tube, dopée par du fluor à un taux de dopage de gaine convenant pour la gaine optique d'une fibre optique dont le coeur doit être constitué de silice non dopée ou moins dopée, ce procédé comportant les opérations suivantes :

- traitement de ce tube de départ pour former un tube traité comportant une couche de coeur à partir de la surface interne de ce tube traité, cette couche de coeur présentant un dopage en fluor inférieur au tiers dudit dopage de gaine, et étant entourée par une couche de gaine présentant ledit dopage de gaine,
- retreint de ce tube traité, cette opération de retreint comportant le chauffage d'une zone de la longueur de ce tube à une température

de retreint qui permet une diminution des diamètres intérieur et extérieur de ce tube, cette opération de retreint comportant des déplacements de cette zone chauffée sur la longueur de ce tube jusqu'à disparition de l'espace intérieur à ce tube, de manière  
5 à former une préforme cylindrique pleine comportant un coeur formé à partir de ladite couche de coeur et entouré par une gaine formée à partir de ladite couche de gaine,  
- et fibrage de cette préforme, cette opération de fibrage comportant un chauffage d'une zone externe de la longueur de cette préforme  
10 et un étirement de cette zone de manière à diminuer progressivement le diamètre de la silice chauffée et à former une fibre optique comportant un coeur et une gaine optique formés à partir dudit coeur et de ladite gaine de cette préforme, respectivement.

Les opérations ci-dessus sont communes, au moins quant à  
15 certaines de leurs finalités, à ce procédé connu et au procédé qui sera décrit plus loin selon la présente invention.

Ledit tube de départ peut être soit constitué de manière homogène de silice fluorée, soit, le plus souvent, constitué d'un tube substrat de silice pure sur la surface interne duquel on  
20 a formé ladite couche interne de départ par des opérations de dépôt à chaud en phase vapeur. De telles méthodes de dépôt sont connues sous les sigles M.C.V.D., P.C.V.D., S.P.C.V.D.

On va plus particulièrement rappeler la méthode de fabrication d'une préforme fluorée, par exemple par une méthode de dépôt interne  
25 telle que M.C.V.D.

A partir d'un tube substrat en silice (dimensions habituelles : diamètre extérieur 25 mm, longueur 1000 mm) dans l'espace intérieur duquel circule un mélange gazeux réactif tel que  $O_2$ ,  $SiCl_4$ , comportant un agent fluorant tel que  $CCl_2F_2$ ,  $C_2F_6$ ... on dépose un certain  
30 nombre de couches de silice dopée au fluor à l'aide d'un chalumeau chauffant la surface externe du tube et se déplaçant sur la longueur de celui-ci.

On obtient ainsi le dit tube de départ dans lequel ces couches constituent ladite couche interne de départ. Ces couches constitueront

aussi ladite couche de gaine du dit tube traité, c'est-à-dire qu'elles formeront finalement la gaine optique de la fibre. Elles possèdent un indice de réfraction inférieur à celui de la silice pure.

On dépose habituellement ensuite, au cours de ladite opération de traitement, le futur coeur optique de la fibre en utilisant un mélange gazeux réactif exempt d'agent fluorant et en déposant un certain nombre de couches supplémentaire constituées de silice sensiblement pure, ou tout au moins non volontairement dopée, jusqu'à obtenir l'épaisseur désirée.

Ces couches supplémentaires constituent ladite couche de coeur du tube traité.

L'opération de retreint est réalisée ensuite à l'aide d'un chalumeau analogue qui élève la température à 2100 à 2200° C à la surface externe du tube, ce qui permet aux forces de tension superficielle d'assurer à chaque passage une diminution sensible des diamètres interne et externe du tube, ce tube étant maintenu en rotation continue pendant toute l'opération.

Un tel procédé de fabrication connu est par exemple décrit, en ce qui concerne la fabrication dudit tube traité, dans l'ouvrage suivant :

Optical Fiber Communications vol.1 Edited by Tingye Li, Academic Press, 1985.

Ce procédé connu conduit à de bonnes performances en atténuation. Mais il présente l'inconvénient de nécessiter le dépôt d'un grand nombre de couches de composition et d'épaisseur variables.

La présente invention a notamment pour but de simplifier la fabrication des dites fibres.

Le procédé selon l'invention comporte les opérations communes précédemment mentionnées. Par rapport au procédé connu précédemment décrit, il est caractérisé par le fait que ladite opération de traitement est une opération d'appauvrissement en fluor comportant un chauffage dudit tube de départ à une température de diffusion permettant l'exodiffusion du fluor de ladite silice dopée au fluor, cette opération comportant en même temps l'utilisation de moyens pour évacuer le fluor apporté dans cet espace par ladite exodiffusion,

de manière à former ladite couche de coeur dudit tube traité par un appauvrissement en fluor d'une partie interne de l'épaisseur dudit tube de départ à partir de ladite surface interne de ce tube.

- Selon la présente invention on peut adopter en outre les
- 5 dispositions parfois préférées suivantes
- Ladite opération de retreint est réalisée avec utilisation de dits moyens pour évacuer le fluor, et lesdites température de diffusion et de retreint sont les mêmes, de sorte que cette opération de retreint consitue en même temps ladite opération d'appauvrissement
  - 10 en fluor.
  - Lors de ladite opération de retreint, ledit chauffage est réalisé sur la surface extérieure dudit tube traité de manière à porter cette surface à une température supérieure à 2 200 C.
  - Lesdits moyens pour évacuer le fluor apporté dans ledit espace
  - 15 interne sont des moyens pour faire circuler un gaz de balayage dans cet espace.
  - Ledit gaz de balayage est majoritairement constitué de gaz du groupe comportant l'oxygène, le chlore, et les chlorofluorocarbones.

A l'aide des figures schématiques ci-jointes on va décrire

20 plus particulièrement ci-après, à titre d'exemple non limitatif, comment la présente invention peut être mise en oeuvre dans le cadre de l'exposé qui en a été donné ci-dessus.

Le mode de mise en oeuvre décrit comporte les dispositions parfois préférées mentionnées ci-dessus.

25 Les figures 1 et 2 représentent deux courbes de variations de l'indice de réfraction  $D_n$ , à partir de celui de la silice pure, en fonction de la distance  $r$  à l'axe de deux fibres optiques obtenues par le procédé connu précédemment décrit et par le procédé selon l'invention, respectivement.

30 Les mêmes courbes peuvent représenter de la même manière en première approximation l'indice de réfraction dans les deux préformes servant à cette fabrication, respectivement, l'échelle des distances étant à changer.

La figure 1 a déjà été décrite.

35 Sur la figure 2, la fibre optique est représentée en E, son

coeur en C et sa gaine optique en G.

Dans le cas où le coeur et la gaine optique de la préforme sont formés par un dépôt, il apparait de ce qui précède que, dans le cadre de l'invention, on dépose l'épaisseur de coeur voulue sans modifier la composition du mélange gazeux. La formation ultérieure du coeur repose sur le fait que le fluor incorporé diffuse facilement dans la silice fluorée si celle-ci est portée à une température suffisante, ce qui est le cas au cours de l'opération de rétreint qui suit immédiatement le dépôt.

Dans le cas où le tube de départ est fluoré dans la masse, la présente invention permet de former le coeur de la préforme sans aucun dépôt.

Grâce à l'optimisation de la vitesse de rétreint et des débits et compositions de gaz circulant à l'intérieur du tube durant cette opération il est possible de contrôler la diffusion du fluor vers l'intérieur du tube et ainsi d'obtenir sur l'épaisseur désirée un appauvrissement des couches superficielles internes en fluor. Leur indice de réfraction se rapproche alors de celui de silice pure.

Ces couches constitueront après rétreint le coeur de la préforme.

Un avantage du procédé réside dans l'optimisation du profil d'indice inhérente au phénomène de diffusion qui permet de passer continuellement de la composition de gaine à la composition de coeur.

A titre d'exemple de réalisation on peut, partant d'un dépôt dont la différence d'indice avec la silice pure est d'environ  $-10 \cdot 10^{-3}$  et après un rétreint à une température de surface d'environ  $2250^{\circ} \text{C}$  (le chalumeau se déplaçant à une vitesse comprise entre 20 et 80 m/mn avec un débit d'oxygène circulant à l'intérieur du tube d'environ 0,3 litre par minute) obtenir un coeur d'indice  $-2 \cdot 10^{-3}$  (soit une différence d'indice de  $-8 \cdot 10^{-3}$ ) dont le diamètre à la base est de 1,2 mm dans la préforme et dont la forme est optimisée par la diffusion (figure 2).

Pour la mise en oeuvre de la présente invention, notamment pour le choix d'un dispositif utilisable pour cette mise en oeuvre, on peut s'aider des indications contenues dans l'ouvrage précédemment mentionné.

## REVENDEICATIONS :

- 1/ Procédé de fabrication de fibre optique à coeur de silice entouré de silice fluorée, ce procédé utilisant un tube de départ constitué de silice, cette silice étant, au moins sur une certaine épaisseur  
5 qui s'étend sensiblement à partir de la surface interne du tube, dopée par du fluor à un taux de dopage de gaine convenant pour la gaine optique d'une fibre optique dont le coeur doit être constitué de silice non dopée ou moins dopée, ce procédé comportant les opérations suivantes :
- 10 - traitement de ce tube de départ pour former un tube traité comportant une couche de coeur à partir de la surface interne de ce tube traité, cette couche de coeur présentant un dopage en fluor inférieur au tiers dudit dopage de gaine, et étant entourée par une couche de gaine présentant ledit dopage de gaine,
- 15 - retreint de ce tube traité, cette opération de retreint comportant le chauffage d'une zone de la longueur de ce tube à une température de retreint qui permet une diminution des diamètres intérieur et extérieur de ce tube, cette opération de retreint comportant des déplacements de cette zone chauffée sur la longueur de ce tube  
20 jusqu'à disparition de l'espace intérieur à ce tube, de manière à former une préforme cylindrique pleine comportant un coeur formé à partir de ladite couche de coeur et entouré par une gaine formée à partir de ladite couche de gaine,
- et fibrage de cette préforme, cette opération de fibrage comportant  
25 un chauffage d'une zone externe de la longueur de cette préforme et un étirement de cette zone de manière à diminuer progressivement le diamètre de la silice chauffée et à former une fibre optique comportant un coeur et une gaine optique formés à partir dudit coeur et de ladite gaine de cette préforme, respectivement.
- 30 - ce procédé étant caractérisé par le fait que ladite opération de traitement est une opération d'appauvrissement en fluor comportant un chauffage dudit tube de départ à une température de diffusion permettant l'exodiffusion du fluor de ladite silice dopée au fluor, cette opération comportant en même temps l'utilisation de moyens

35

pour évacuer le fluor apporté dans cet espace par ladite exodiffusion, de manière à former ladite couche de coeur dudit tube traité par un appauvrissement en fluor d'une partie interne de l'épaisseur dudit tube de départ à partir de ladite surface interne de ce tube.

5 2/ Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que ladite opération de retreint est réalisée avec utilisation de dits moyens pour évacuer le fluor, et lesdites température de diffusion et de retreint sont les mêmes, de sorte que cette opération de retreint consitue en même temps ladite opération d'appauvrissement  
10 en fluor.

3/ Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que lors de ladite opération de retreint, ledit chauffage est réalisé sur la surface extérieure dudit tube traité de manière à porter cette surface à une température supérieure à 2 200 C.

15 4/ Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que lesdits moyens pour évacuer le fluor apporté dans ledit espace interne sont des moyens pour faire circuler un gaz de balayage dans cet espace.

5/ Procédé selon la revendication 4, caractérisé par le fait que  
20 ledit gaz de balayage est majoritairement constitué de gaz du groupe comportant l'oxygène, le chloré, et les chlorofluorocarbones.



1/1

FIG. 1

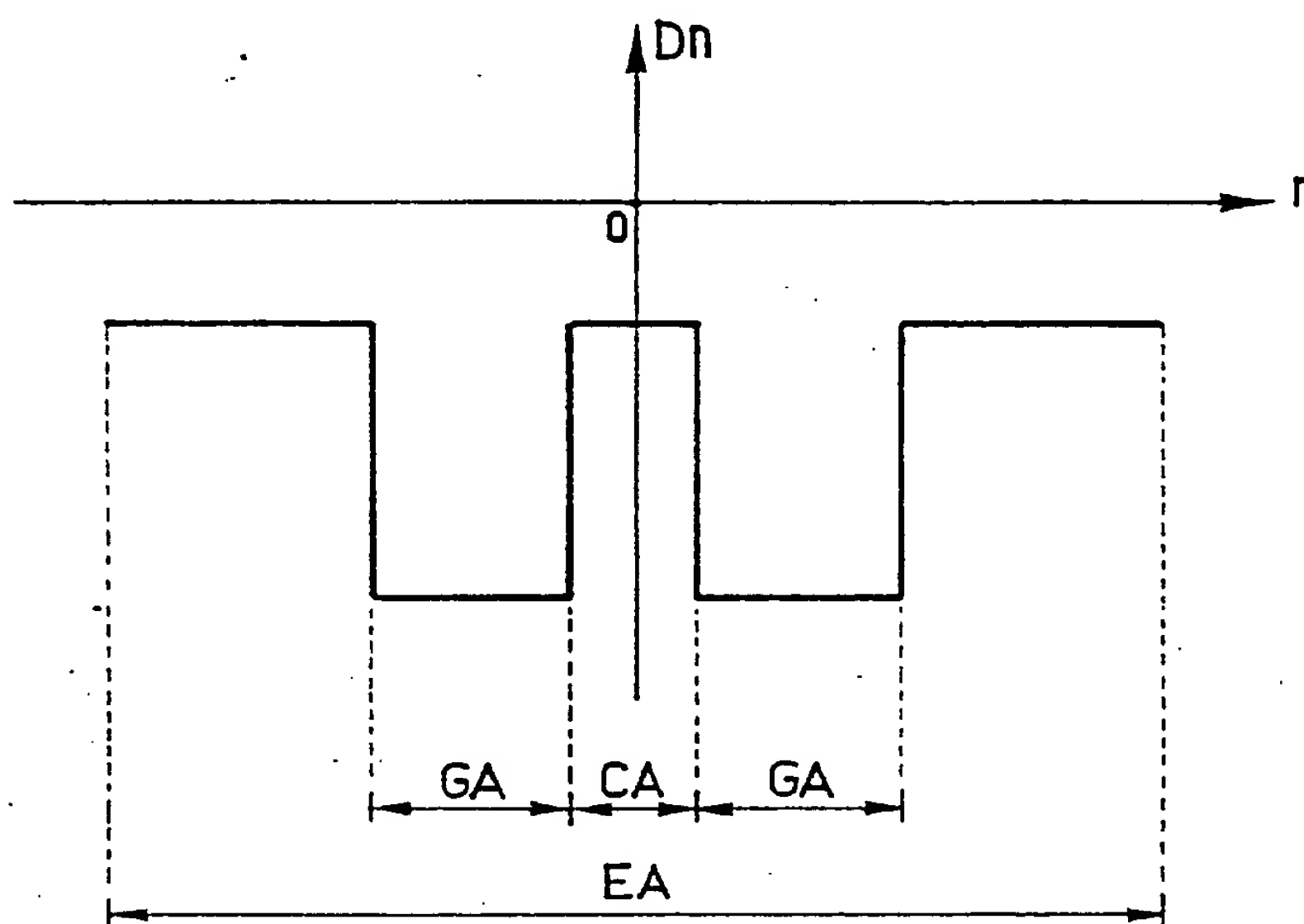


FIG. 2

